

レベルII 設計適用時において既存不適格となる鋼製透過型砂防堰堤への対策

防衛大学校 学生会員 ○小松喜治 正会員 堀口俊行

1. 緒言

近年の異常気象による台風や局地的な豪雨を原因とした大規模土石流の発生により、鋼製透過型砂防堰堤（以下、透過型と呼称する。）が損壊する事例が発生している。そこで、現行設計（以下、レベルI設計と呼称する。）以上の荷重を設計荷重とする設計（以下、レベルII設計と呼称する。）について検討されている。しかし、レベルII設計が採用された場合、レベルII設計の照査を満足しない構造物が存在する可能性があるため対策を講ずる必要がある。

そこで本研究は、レベルII設計荷重に対して不適格構造物となる既存の透過型に対して荷重低減策の観点から文献1)を参考に提案するものである。

2. 解析の概要

図-1に、構造モデルを示す。底面が固定されており、高さ9.0m、幅9.5m、奥行き3.5mである。また、各部材間隔は、縦材および横材は想定する最大礫径1.0mと同じの間隔で配置している。また、使用部材は実際に設置してある堰堤同様のSTK490とし、応力～ひずみ関係から断面分割法を用いて、円管断面の曲げモーメント～曲率関係、軸力～ひずみ関係およびねじりモーメント～ねじり率関係を求めた。これを解析では、赤線で示すトリリニアモデルと決定した。（図-2～4）

表-1に、レベルI設計荷重およびレベルII設計荷重におけるパラメータを示す。文献1)を参考に、流域面積 $A_B = 2.4 \text{ km}^2$ における各々の設計荷重を求めた。なお、レベルII設計荷重のピーク流量は99%予測線を用いて求めた。

本解析は、図-5に示す分布で土石流流体力作用位置を堰堤頂部に固定して、準静的に与えるものである。また、土石流流体力の大きさを荷重係数 α によって漸増させて、 $\alpha = 1.0$ において最大耐力未達であることおよび部材塑性回転角が限界値を超えていないことを確認することで、レベルII設計を満足することを照査する。なお、本解析における部材の限界値は、 $\theta_f = 10.5 \times 10^{-2} \text{ rad}$

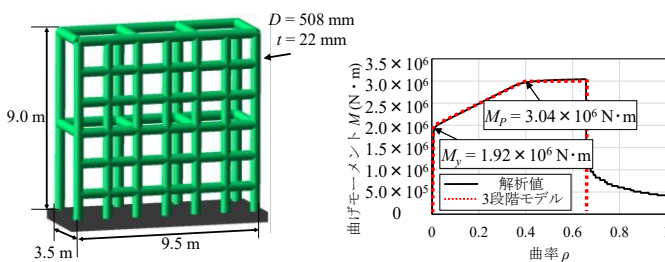


図-1 構造モデル

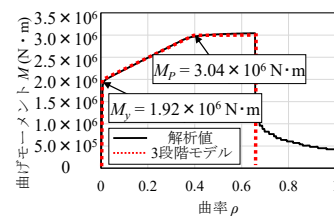


図-2 曲げモーメント～曲率関係

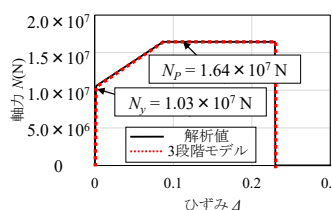


図-3 軸力～ひずみ関係

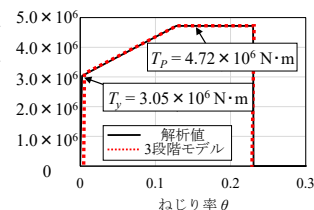


図-4 ねじりモーメント～ねじり率関係

表-1 各々の設計荷重

流域面積 A_B (km ²)	区 分	ピーク流量 Q_p (m ³ /s)	流速 U_d (m/s)	水深 D_d (m)	土石流流体力 F (N/m)
2.4	レベルI	58.5	4.6	1.2	5.23×10^4
	レベルII	456.3	10.6	4.0	9.26×10^5

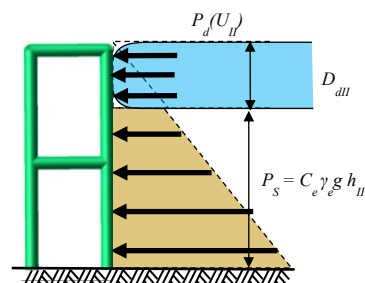


図-5 荷重分布モデル

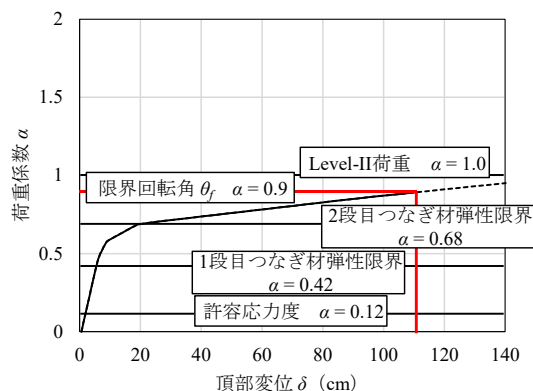


図-6 構造モデルの荷重係数～頂部変位関係

キーワード 透過型砂防堰堤, レベルII設計, 上流置減勢工

連絡先〒239-8686 神奈川県横須賀市走 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL:046-841-3810 e-mail:ed19002@nda.ac.jp

とした²⁾。

3. 解析結果

図-6に、構造モデルの荷重係数～頂部変位関係を示す。レベルⅡ設計荷重を荷重係数 $\alpha = 1.0$ とすると、 $\alpha = 0.9$ の時に下流側柱材の下部が部材の限界回転角に到達し、レベルⅡ設計荷重における限界状態となる。つまり、荷重係数 $\alpha = 1.0$ より小さく、設計荷重に達していないためレベルⅡ設計荷重の照査は不適格と判断される。

図-7に、上流置減勢工の荷重低減率～上流置減勢工高関係を示す。構造モデルは、レベルⅡ設計荷重の9割の耐荷力であり、作用する荷重を10%以上低減させることによりレベルⅡ設計荷重の照査を満足することが期待できる。そこで、設計の判断として土石流の期待荷重低減効果を15%として、その達成が可能な離隔距離($L = 1D$)を採用する。対応する所要高さは $h = 1.9D_{95}$ となるため、ラウンドナンバー化して、 $h = 2D_{95}$ とした。

図-8に、上流置減勢工の形状を示す。上流置減勢工は、既存堰堤と同じ鋼管を使用した。各上流置減勢工の間隔は、実験を基に $1D_{95}$ とし、斜材の固定部は、傾斜が $\theta_{ed} = 70^\circ$ となるように設置した。

図-9に、上流置減勢工を考慮した荷重係数～頂部変位関係を示す。荷重係数 $\alpha_{ed} = 1.05$ の時に部材の限界回転角に到達し、安全性の余裕度は小さいがレベルⅡ設計荷重に対しても耐えることが可能となった。

4. 結 言

本研究は、レベルⅡ設計採用時に既存不適格構造の方策について、荷重低減策の観点から提案したものである。得られた成果を要約すると、以下のようになる。

- 1) 上流置減勢工を設置する場合の土石流流体力を低減する荷重の与え方を提案した。そのうえで、構造不適格と評価される構造物の限界状態がレベルⅡ設計荷重を超えかつレベルⅡ設計照査を満足することが可能であることを確認した。
- 2) 今後の課題として、レベルⅡ設計荷重に対する不適格構造の方策として、荷重を低減する方策に限らず多様なものが考えられる。よって、より経済的かつ施工性に優れた方策の研究が求められる。

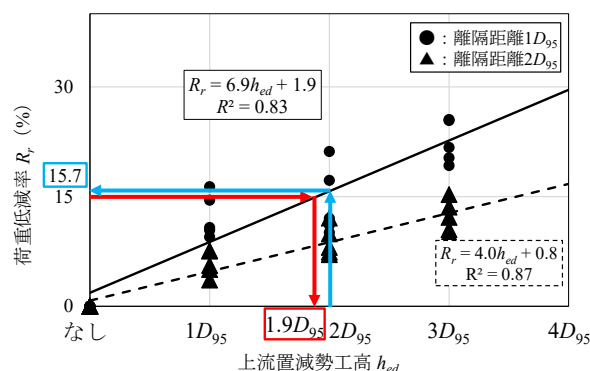


図-7 上流置減勢工の荷重低減率～上流置減勢工関係

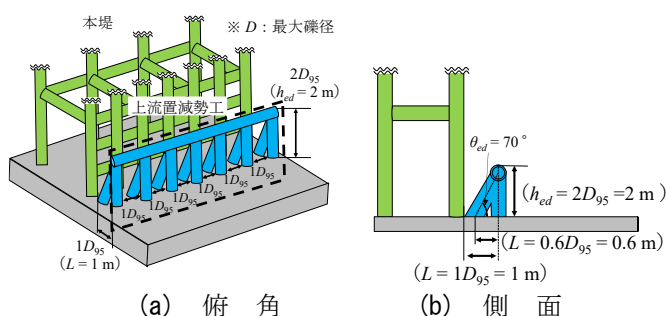


図-8 荷重～時間関係

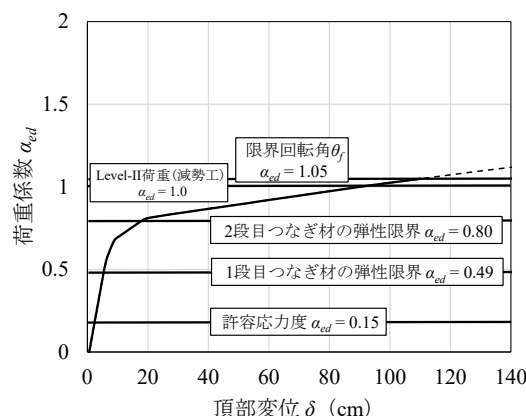


図-9 荷重係数～頂部変位関係
(上流置減勢工)

参考文献

- 1) 石川芳治：流域面積，降雨量，地質が土石流の流出土砂量・ピーク流量に与える影響と確率的手法を用いた流出土砂量・ピーク流量の推定法，砂防学会誌，Vol. 73, No.5, pp.15-26, 2021.
- 2) 星川辰雄，石川信隆，彦坂熙，阿部宗平：鋼管はり部材の動的終局限界に関する一考察，土木学会論文集，No. 525, I-33, pp.139-152, 1995.
- 3) 小松喜治，堀口俊行，香月智，石川信隆，水山高久：鋼製透過型砂防堰堤の前面傾斜角が土石流衝撃荷重に及ぼす影響，構造工学論文集，Vol.64A, pp.779-788, 2018.